

Vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement en Eau Face aux Risques Climatiques en Zone Soudano-Sahélienne : Cas De Mogode, Extrême-Nord Cameroun

DJAKOU Rodrigue YOPO¹, FONTEH Mathias² FRU, NJILA Roger³

¹Direction du Génie Rural et de l'Amélioration du Cadre de Vie en Milieu Rural, MINADER BP 2201, Yaoundé, Cameroun. djakourodrigue@yahoo.fr

²Département du Génie Rural, FASA, Université de Dschang, BP 447, Dschang, Cameroun. matfonteh@yahoo.com

³Département du Génie Rural, FASA, Université de Dschang, Dschang, Cameroun. njila_rc@yahoo.fr

RESUME

Les évènements climatiques extrêmes affectent négativement les systèmes d'approvisionnement en eau en Afrique sub-saharienne et menacent la sécurité en eau des populations rurales. Cet article contribue à déterminer les facteurs à risque climatique et à évaluer la vulnérabilité des dispositifs d'approvisionnement en eau aux extrêmes climatiques dans l'arrondissement de Mogodé, situé en zone soudano-sahélienne du Cameroun. L'approche méthodologique *bottom-up* basée sur la perception des usagers de l'eau a consisté à collecter des données à l'aide d'interviews semi-structurés, complétés par des observations directes et des prises au GPS. Les impacts du changement climatique projeté ont été utilisés pour prédire l'impact du changement climatique sur l'approvisionnement en eau dans la zone.

Les résultats indiquent que les sécheresses et les inondations sont perçues comme les facteurs à risque climatique majeurs affectant l'eau dans la zone d'étude. Les inondations détruisent les infrastructures d'eau tandis que les sécheresses réduisent la ressource en eau disponible et de ce fait augmentent l'insécurité de l'eau. Les puits, les forages et les sources constituent la quasi-totalité des dispositifs d'eau potable existants. Les puits et les sources, regroupant 75 % des systèmes, sont très vulnérables auxdits facteurs identifiés. Tandis que les forages, plus résilients, sont assez peu représentés à cause du coût élevé d'installation qui limite leur large diffusion en milieu rural. Les impacts projetés des changements climatiques prévoient des sécheresses et des inondations plus intenses qui réduiraient considérablement l'accès à l'eau potable dans la partie soudano-sahélienne du Cameroun. C'est ainsi qu'il sera judicieux de renforcer la protection des dispositifs en place pour augmenter leur résilience aux inondations. A court terme, il est préconisé des technologies résilientes. A long terme, la solution durable serait d'intégrer une gestion adaptative de la ressource en eau au niveau des bassins versants pour augmenter l'infiltration et réduire le ruissèlement.

Mots clé : *Risque climatique, systèmes d'approvisionnement en eau, vulnérabilité, technologies résilientes au climat, gestion intégrée et adaptative.*

ABSTRACT

Extreme climatic events negatively affect domestic water supply systems in sub Saharan Africa and threaten the water security of rural populations. The objective of this paper was to determine the risk factors and the vulnerability of domestic water supply systems to climate extremes in the soudano-sahelian zone of Cameroon. The study was conducted in Mogode subdivision in the Far North Region of Cameroon using a *bottom up* approach based on the perception of the population. Data was collected using a semi structured questionnaire administered to water users. This was complemented with direct observations, geo-referencing of the study site and existing analysis of climate change in the area. The impacts of projected climate change on the zone were used to predict the impact of climate change on water supply in the area.

The results indicate that droughts and floods are the most important climate risk factors affecting domestic water supply in the study area. Floods damage water infrastructures while droughts reduce the available water resources and hence increase water insecurity. Most of the water supply systems found in the area are either wells, boreholes or springs. Wells and springs, constitute more than 75 % of the systems and are highly vulnerable to the identified high-risks factors. Boreholes are more resilient but their high construction costs, limits their widespread use in rural areas. The projected impact of more intense floods and droughts due to climate change will further reduce access to water supply in this part of Cameroon. It is therefore recommended that existing water systems should be reinforced with protective barriers to increase resilience to floods. In the short run, more resilient systems should be envisaged for new rural water supply projects. A sustainable solution in the long run is integrated and adaptive water management at the level of water catchments to increase infiltration and reduce the runoff.

Key words: *climatic risk, water supply systems, vulnerability, climate resilient technologies, integrated and adaptive management.*

INTRODUCTION

La variabilité et les changements climatiques ont un effet direct sur le cycle hydrologique, le modifiant considérablement. On estime que l'une des plus grandes conséquences de l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère sera l'augmentation considérable de la variabilité des précipitations, de la fréquence et l'intensité des événements extrêmes, comme les sécheresses ou les inondations (Dickson, 2010). Ceci sera à l'origine des désastres naturels susceptibles de porter atteinte à tous les secteurs d'activité d'un pays (Downing et Ziervogel, 2004). Sur la sécurité de l'eau en Afrique, ces effets sont déjà perceptibles, mais la plus grande difficulté reste de prévoir les effets futurs.

Les pays en développement pourront subir plus gravement les conséquences des changements climatiques. En effet, ils ont des revenus faibles, des capacités institutionnelles qui n'évoluent pas en faveur des stratégies d'adaptation et de l'évolution des ressources en eau, et aussi, ils dépendent étroitement des industries fondées sur l'eau, comme l'agriculture (Cabot, 2007 ; Mileham, 2010). Ainsi, leurs systèmes d'eau qui assurent la fourniture de l'eau potable aux populations pourront être touchés par ces impacts, en particulier ceux des phénomènes hydrologiques découlant des changements climatiques. Pourtant, ces installations hydrauliques constituent un atout considérable, de même que leurs rôles, leur importance ainsi que le niveau de dépendance des sociétés face à ces dispositifs, exigent que leur performance soit l'objet d'une attention continue.

GIEC (2013) affirme que l'Afrique est l'un des continents les plus vulnérables à la variabilité et au changement climatique, une situation aggravée par l'interaction de stress multiples. La faible capacité adaptative implique une inhabilité de gérer convenablement les risques climatiques existants et la variabilité hydrologique. Comme

tel, le développement en Afrique n'est pas résilient au climat. Avec une demande compétitive et des ressources financières limitées, les politiques sont généralement hésitantes à investir dans les mesures qui vont favoriser les capacités adaptatives car les bénéfiques seront à long terme. Dans l'optique de les convaincre, il est important de présenter un cas évident d'investissement dans le développement climatique résilient.

Au Cameroun, la forte variabilité interne du système climatique a pour corollaire les phénomènes extrêmes tels que les inondations, les sécheresses, les pluies intenses, les vents violents, etc. (Ndongo *et al.*, 2012). Les questions d'accès, de fourniture et de qualité d'eau se posent avec acuité et sont limitées par un ensemble de facteurs plus ou moins appréhensibles dont les changements climatiques sont récents et plus significatifs (MINEE et GWP, 2009). Cette situation, très perceptible à l'Extrême Nord Cameroun mais difficilement appréciable, contribue à accroître le fossé entre l'offre et l'accès en eau.

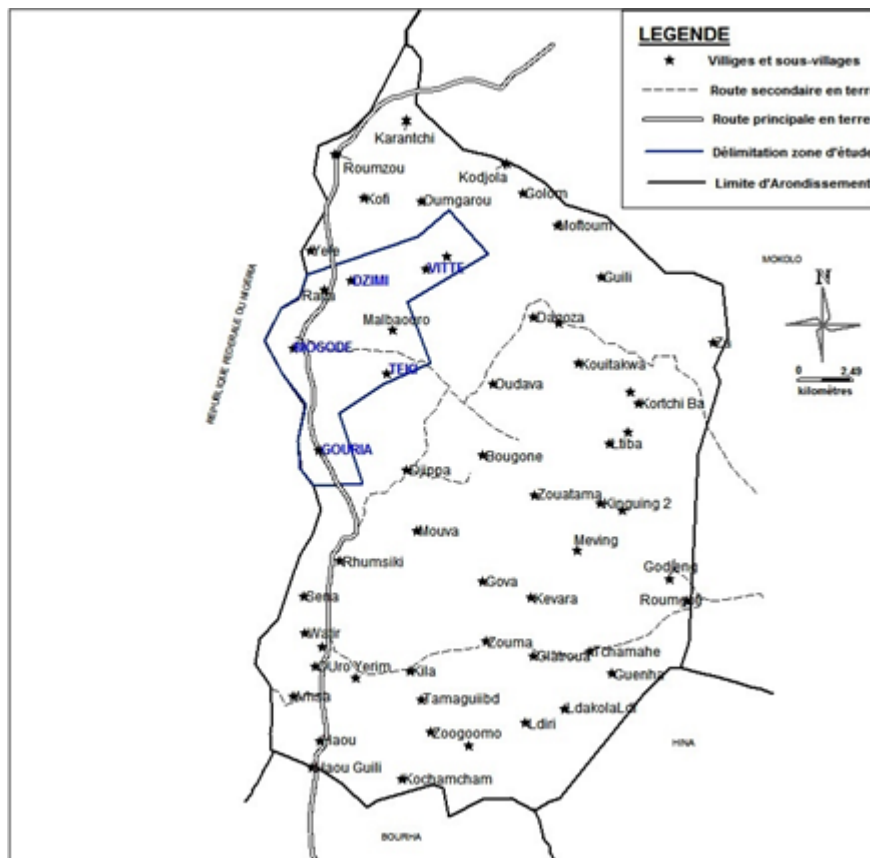
Une approche multi-échelle utilisant différents niveaux d'agrégation peut aider à construire des lignes d'évidence sur les impacts et l'adaptation au changement climatique y compris les autres risques liés. L'analyse à l'échelle macroscopique (*top-down*), niveau national/régional, devrait être complétée par des études de cas (*bottom-up*), niveau local sur la vulnérabilité et l'adaptation. Ces dernières prennent en compte le niveau de vie, de développement et la réduction de la pauvreté qui seraient absents lorsque l'analyse se fait au niveau supérieur. Il s'agit donc dans cet essai de fournir de l'information locale pour compléter la macro-information sur le changement climatique dans la zone soudano-sahélienne. L'objectif global est de contribuer à assurer le développement durable de cette zone à travers la sécurité de l'eau. Les objectifs spécifiques ont été de ; déterminer les facteurs à risque climatique majeurs affectant les

systèmes d’approvisionnement en eau, leur impact sur les dispositifs d’approvisionnement en eau et la sécurité de l’eau ainsi que l’impact projeté du changement climatique sur la sécurité de l’eau dans la zone. Cet article intègre une approche d’analyse des sensibilités à base communautaire des changements climatiques.

L’étude s’est déroulée dans l’arrondissement de Mogodé, département du Mayo-Tsanaga compris entre 10°22’ - 10°44’ de latitude Nord et, 13°31’ - 13° 47’ de longitude Est Il couvre une superficie de 776 km² sur une distance de près de 47 km. L’échantillonnage a rejoint cinq villages dont Vité, Dzimi, Téki, Gouria et Mogodé. (Figure 1).

MATÉRIELS ET MÉTHODE

La zone d’étude



Source : MIDIMA (2012)

Figure 1: Carte de Localisation de la zone d’étude dans le Cameroun

Le relief appartient aux hautes terres des Monts Mandara et leurs piedmonts, où culminent des sommets de plus de 1000 m. Le relief est accidenté ; le paysage cloisonné, compartimenté et éclaté en petits massifs dans les monts. Tous les cours d’eau saisonniers de l’Extrême-Nord « Mayo » prennent leur source dans les Monts Mandara. L’écoulement commence généralement en juin par de petites crues ; puis devient assez permanent entre août et septembre. Sur le plan de l’hydrogéologie, Mogodé appartient à la zone

de socle qui se différencie par la présence de formations volcaniques. C’est une zone dépourvue d’aquifères où le pourcentage de réussite des forages est estimé à 30 % (MINEE-DREN, 2012). Les sols sont peu évolués sur arène quartzofeldspathique qui retiennent faiblement l’eau et sont dominés par des affleurements de roches (Raunet, 2003).

Le climat est de type soudano-sahélien de montagne avec une pluviométrie annuelle plus

élevée et une température moyenne légèrement moins élevée que dans les contrées basses. En effet, il pleut environ 700 mm et 900 mm d'eau par an à Mogodé. Les mois de décembre et janvier sont frais et secs ; les mois de juillet, août et septembre sont chauds et humides. La saison sèche est longue (9 mois) et s'étale de Novembre à Juillet. La saison pluvieuse, plus courte (03 mois) connaît de précipitations intenses (MINEPAT-DREN, 2010). La végétation de Mogodé est une steppe associée à des espaces boisés. La répartition des formations végétales dépend des conditions naturelles et surtout de l'action de l'homme qui détruit le couvert végétal pour ne conserver que les essences utilitaires. La faune est insignifiante. Aucune espèce protégée ne se rencontre dans la localité de même que l'activité de chasse est inexistante (MINEPAT-DREN, 2010).

La population de l'arrondissement de Mogodé est constituée essentiellement des autochtones répartis en quatre ethnies: les Kapsiki majoritaires à plus de 91 %, les Korché appelés communément. Mafa, les Bana dans le seul village Haou vers le sud et les Goudé disséminés partout dans l'arrondissement (MIDIMA, 2009). Le département du Mayo-Tsanaga est le département le plus peuplé de l'Extrême Nord avec plus de 699 971 habitants et un taux d'accroissement de 2,8 % en moyenne. L'arrondissement de Mogodé compte 112 905 âmes avec un ratio homme/femme de 0,946 (BUCREP, 2005). La densité est inégalement répartie ; elle varie d'une zone à l'autre avec une moyenne de 78 habitants au km².

Détermination des facteurs à risques climatiques majeurs

Deux notions ont orienté cette réflexion : les extrêmes climatiques, partiellement appréhendés via les données climatiques de la zone et les projections climatiques, observations et

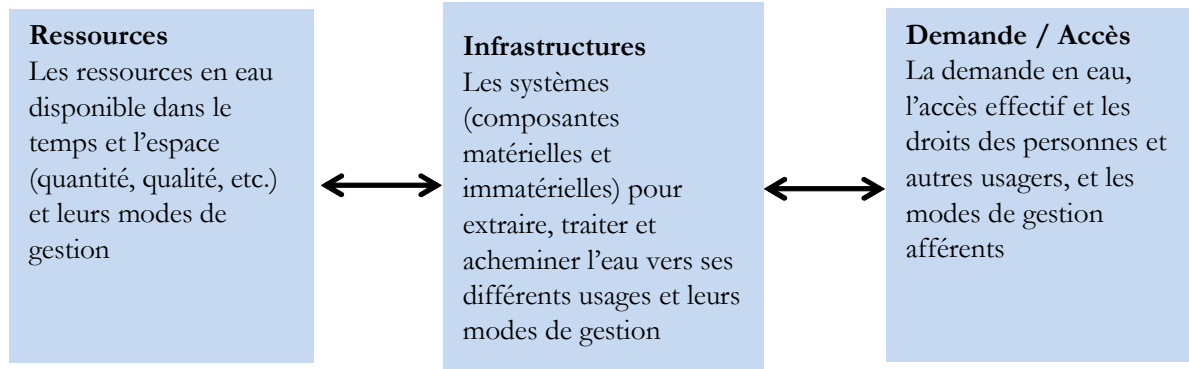
prévisions faites du changement climatique (Batchelor *et al.*, 2011 ; Olivry, 2012). Cette analyse a consisté à apprécier les conséquences observables des événements climatiques extrêmes sur les systèmes d'approvisionnement en eau par une approche participative basée sur la perception du risque climatique. Des enquêtes semi-structurées ont été effectuées auprès des usagers de l'eau issus de tous les points d'eau des cinq villages-échantillon de l'arrondissement de Mogodé, ce qui a permis d'identifier un certain nombre de risques sensibles similaires à ceux décrits par Ndongo *et al.* (2012). Pour chaque risque identifié, il a été estimé la fréquence d'occurrence par un trinôme (Peu probable – Modéré – Presque certain de se produire). De même, une grille d'appréciation des conséquences possibles du risque climatique (Faibles – Modérées – Importantes) a été administrée. L'enquête choisit un ou plusieurs risques en spécifiant la probabilité d'occurrence et le niveau de conséquence perçu sur le système d'eau dont il dépend. Il y a eu autant d'enquêtes que de points d'eau recensés. La trame d'enquête utilisée a été adaptée de Robert *et al.* (2010) et Ndongo *et al.* (2012). Les estimations approximatives des enquêtes, ont été regroupées dans Excel 2010 en affectant aux composantes « Probabilité d'occurrence – Conséquence » l'une des dimensions équivalentes (« certaine-importante », « modérée-importante », « certaine-modérée » ou « modérée-modérée ») et les facteurs à risques les plus pertinents ont été évalués par décompte.

Impact des extrêmes climatiques sur la sécurité de l'eau

L'analyse des vulnérabilités des systèmes d'approvisionnement en eau potable (SAEP) à Mogodé a été possible par l'adaptation systémique de la méthode développée par Olivry (2012). Elle a permis d'hierarchiser le niveau de sensibilité des systèmes essentiels en combinant trois niveaux d'évaluation : les éléments du système, la géographie et les aléas climatiques. Pour l'analyse

des systèmes d'approvisionnement en eau potable, Batchelor *et al.* (2011) préconise la grille RIDA (Ressources – Infrastructure – Demande/ Accès) présenté dans la Figure 2. Ainsi, ceux-ci

sont préalablement identifiés et géo-référencés aux outils du SIG (GPS et MapInfo) avant d'être caractérisés.



Source : Batchelor *et al.*, (2011)

Figure 2: La grille RIDA (Ressource – Infrastructure – Demande/ Accès)

Construction des bases de connaissances

Elle inclut la description des éléments caractéristiques des SAEP. Il s'agit des notions d'entretien, l'âge de l'infrastructure, l'état, l'emplacement, la protection de l'équipement, le relief ou la densité.

L'entretien fait référence à des politiques de maintenance active, de remplacement d'éléments défectueux. L'âge de l'infrastructure porte sur la Durée de Vie Moyenne Spécifique (DDVM) des équipements au-delà de laquelle ils sont plus à même de subir les défaillances. L'état de l'infrastructure se rapproche à son aspect : selon qu'il est dégradé, s'il y a des pannes ou des dysfonctionnements, l'exposition au risque climatique serait aggravée. La nature de l'emplacement résout la position de l'équipement au sol, sous terre ou en l'air. L'équipement en question dispose-t-il d'une protection physique telle qu'une barrière qui réduirait son exposition aux impacts ; on recherche la présence ou non d'une cage protectrice autour de l'ouvrage. Le relief définit la position relative du point d'eau de par la topographie (colline, plateau, etc.). La densité identifie le nombre d'infrastructures similaires rencontrés dans un voisinage d'un kilomètre carré de diamètre.

Élaboration des bases de faits

La vulnérabilité est selon la définition qui a été choisie pour cette étude, une combinaison de la sensibilité, des aggravateurs de sensibilité et de la criticité de l'équipement ou de l'élément de système. La sensibilité caractérise l'exposition d'un élément donné de la grille RIDA aux facteurs à risque climatique identifiés. Les aggravateurs de sensibilité sont des paramètres dont les seules valeurs modifient la sensibilité de base. On distingue à cet effet les caractéristiques des SAEP (état, entretien, âge, etc.) et la géographie. La criticité dépend de la densité du système ou de son importance telle que perçue par le gestionnaire du point d'eau (Tableau 1). Une fiche d'enquête structurée a servi de base à la collecte de données relatives à l'évaluation de la vulnérabilité des SAEP ainsi que les indices de valeurs attribués à chaque paramètre d'évaluation. Élaboration de la base de règles

La base de règle renferme toute la logique nécessaire à l'établissement des liens entre les paramètres et les éléments de la base des faits. Ces règles traduisent des notions diverses et relations logiques liant par exemple l'intensité des facteurs climatiques, la conception technologique de l'équipement et la topographie (Olivry, 2012). Le Tableau 2 présente le scénario d'évaluation des vulnérabilités des SAEP développé pour cette étude.

Tableau 1: Base de faits pour l'évaluation des vulnérabilités

Éléments de système	Géographie	Aléas climatiques
Sensibilité de base		
Ressource		Inondations
Infrastructure		Sécheresse
Demande/Accès		Vents violents
Présence de protection		Pluies intenses, etc.
Aggravateur de sensibilité		
État		
Âge	Relief	Durée évènement
Emplacement		
Entretien		
Criticité		
Densité	Zone d'importance	

Source : Adapté d'Olivry (2012)

Tableau 2: Scénario d'évaluation des vulnérabilités des systèmes d'AEP

Point d'eau X (Grille RIDA)	Facteurs à risque	Sensibilité de base	Aggravateur	Criticité	Vulnérabilité
	RV1	+	+	+	+++ Élevée
	RV2	+	+	-	++ Moyenne
	RV3	-	+	+	+ Faible
	RV4	+	-	+	++ Moyenne
	RV5	++	+	+	++++ Très élevée
	RV6	-	-	+	- Résilient

RV = Règle de Vulnérabilité

Voici quelques bases de raisonnement pour l'évaluation des vulnérabilités :

- il a été considéré qu'un équipement non entretenu augmente la sensibilité du système au risque pour lequel il est exposé ;
- si l'équipement est neuf ou entretenu, il ne réduit en rien le niveau initial d'exposition au risque mais empêche que son effet soit majoré ;
- la maturité et l'âge du système d'approvisionnement en eau (SAEP) majorent le risque ;
- les indices d'état « endommagés » et « défectueux » du SAEP majorent le risque ;
- la situation du système ou de l'équipement sur une zone de plaine ou de cuvette accélèrent l'exposition aux inondations et l'effet inverse est constaté sur le plateau ou la colline.

RESULTATS AND DISCUSSION

Facteurs à risque climatique majeurs

L'Extrême Nord du Cameroun est une zone extrêmement sensible aux agents extérieurs tels que les sécheresses, les inondations, les pluies intenses, la hausse des épidémies, etc. (Ndongo *et al.*, 2012). Ces agents agresseurs menacent aussi bien ses ressources en eau, les infrastructures hydrauliques, l'interface demande/accès et même les usagers de l'eau. En effet, les observations de la Figure 3 issues de l'analyse des enquêtés montrent que ces derniers sont bien conscients de cette situation et justifient l'évidence des facteurs à risque climatique à travers l'occurrence et la manifestation des sécheresses et des inondations.

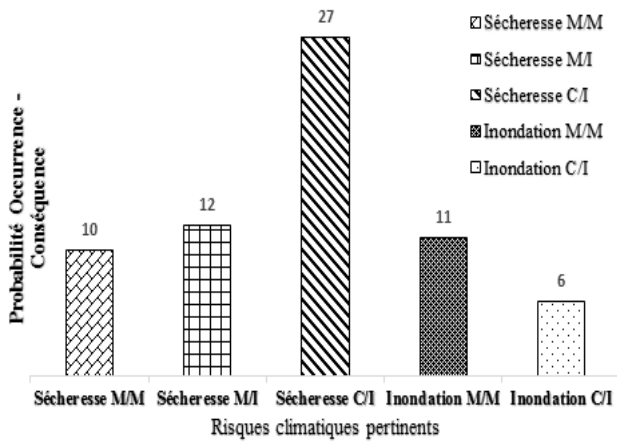


Figure 3: Perception des risques climatiques par les usagers de l'eau

Pour chaque risque présenté en abscisse, il est défini le nombre d'enquêtés l'ayant identifié et le niveau de valeur tel qu'ils le perçoivent. La valeur du risque est le couple « Probabilité d'occurrence – Conséquences » qui peut prendre les niveaux suivants : « Peu probable (P) », « Modérée (M) » et « Certaine (C) » pour la probabilité d'occurrence et ; « Faibles (F) », « Moyennes (M) » et « Importantes (I) » pour les conséquences. Ainsi, d'après les usagers de l'eau, les sécheresses et les inondations menacent plus gravement la sécurité de l'eau dans la zone de Mogodé et constituent les principaux facteurs à risque climatique. La sécheresse est un risque certain de se produire dont les conséquences sur les SAEP seront importantes. Les inondations se produiront assez fréquemment en saison des pluies avec des dégâts plus ou moins importants selon l'intensité pluviométrique, la topographie et les caractéristiques des ouvrages rencontrés. Les facteurs à risques ici sont corrélés à la forte variabilité du cycle hydrologique, caractérisée par des sécheresses inopinées en saison de pluies ou des pluies exceptionnelles en contre saison, l'assèchement plus rapide qu'auparavant des puits, la perception d'une aggravation des catastrophes liées aux phénomènes extrêmes (sécheresse et inondations) et l'apparition des épidémies à l'instar du choléra.

Globalement, l'observation des précipitations annuelles obtenues tend à confirmer les pluies

exceptionnelles. Quant à l'évidence des sécheresses exceptionnelles, il semble difficile de les corréliser aux données des températures ; il faudra procéder par des modélisations plus avancées (scénarii). Les figures 4 et 5 représentent deux SAEP endommagées par les extrêmes météorologiques.



Figure 4 : Impact de l'inondation sur l'Infrastructure d'un puits



Figure 5: Impact des pluies intenses sur l'infrastructure d'un forage

En rapport précisément au changement climatique, les sécheresses sont liées à l'élévation des températures au niveau du sol, à la déforestation et au changement d'affectation des terres (Batchelor *et al.*, 2011 ; Ndongo *et al.*, 2012). Selon les prévisions du GIEC, vers l'an 2025, vingt-cinq pays africains seront sujets à des

pénuries d'eau et au stress hydrique liés à la sécheresse (GIEC, 2007). AMCOW et GWP (2012) précisent que les principaux risques auxquels doit faire face l'Afrique pour assurer sa sécurité en eau sont les sécheresses et les inondations. La hausse des épidémies aura un impact sur la santé humaine (WHO et DFID, 2009). La sécurité de l'eau dans la partie soudano-sahélienne du Cameroun est menacée par ces aléas (inondations et sécheresses) qui affectent directement les systèmes d'approvisionnement en eau potable (SAEP).

Vulnérabilité des SAEP face aux risques climatiques

Analyse des systèmes d'AEP de Mogodé

Les dispositifs de fourniture d'eau potable à l'Extrême-Nord du Cameroun sont en majorité

les puits, les forages et les sources. À Mogodé précisément, 71 % des ouvrages sont constitués de puits et 17 % sont des forages. On retrouve en outre des sources (11 %) et un barrage réaménagé. Le taux de desserte en eau potable est estimé à un (01) point d'eau pour 1737 habitants MIDIMA (2012). Cette valeur n'est pas régulière surtout qu'un nombre important d'ouvrages sont dysfonctionnels ou non fonctionnels. En effet, à la date de l'investigation, 61 % des puits recensés subissaient une rupture de fonctionnement due à l'inaccessibilité à la ressource en eau pendant une période de l'année ; 36 % des forages étaient en panne et les sources n'étaient utilisables qu'en début de saison sèche. Les principaux problèmes de la fourniture et de l'accès à l'eau de consommation dans la localité de Mogodé sont explicités dans la figure 6.

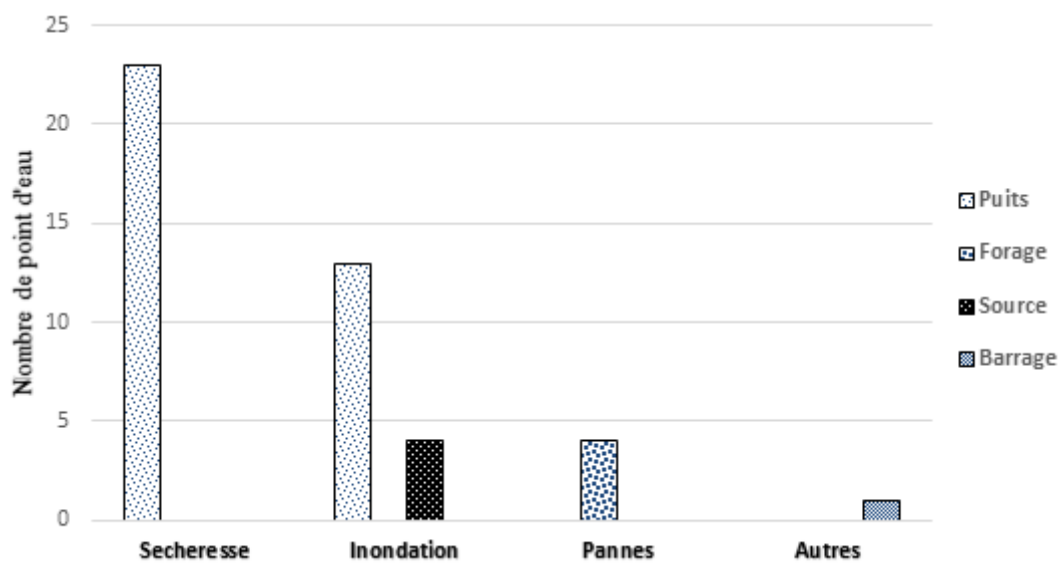


Figure 6: Corrélation entre les types de points d'eau et les problèmes affectant leur fonctionnalité

Le secteur de l'approvisionnement en eau potable présente des problèmes immédiats qui doivent retenir l'attention des spécialistes de l'eau à l'Extrême-Nord Cameroun : le manque de capacités, l'accroissement de la population, l'insuffisance des investissements de fonctionnement et de maintenance des services, la mauvaise gouvernance, etc. A ceux-ci, il serait judicieux de considérer la menace que constituent les événements extrêmes qui intensifient la variabilité hydrologique et causent des dégâts

certaines et mesurables sur les infrastructures d'eau. A Mogodé, il est question principalement d'inondations et de sécheresses. Des auteurs à l'instar de Batchelor *et al.* (2011), Moriarty *et al.* (2007) en ont fait une priorité dans l'optique de la fourniture en services pérennes d'approvisionnement en eau potable.

Évaluation des vulnérabilités des systèmes d'AEP de Mogodé aux risques climatiques

Les effets négatifs des événements climatiques majeurs, notamment les phénomènes extrêmes qualifiés ici de facteurs à risque climatique (sécheresses et inondations), impactent les

ressources en eau à Mogodé ainsi que les systèmes humains dont dépendent ces ressources. L'appréciation des vulnérabilités a permis de dériver la Figure 7.

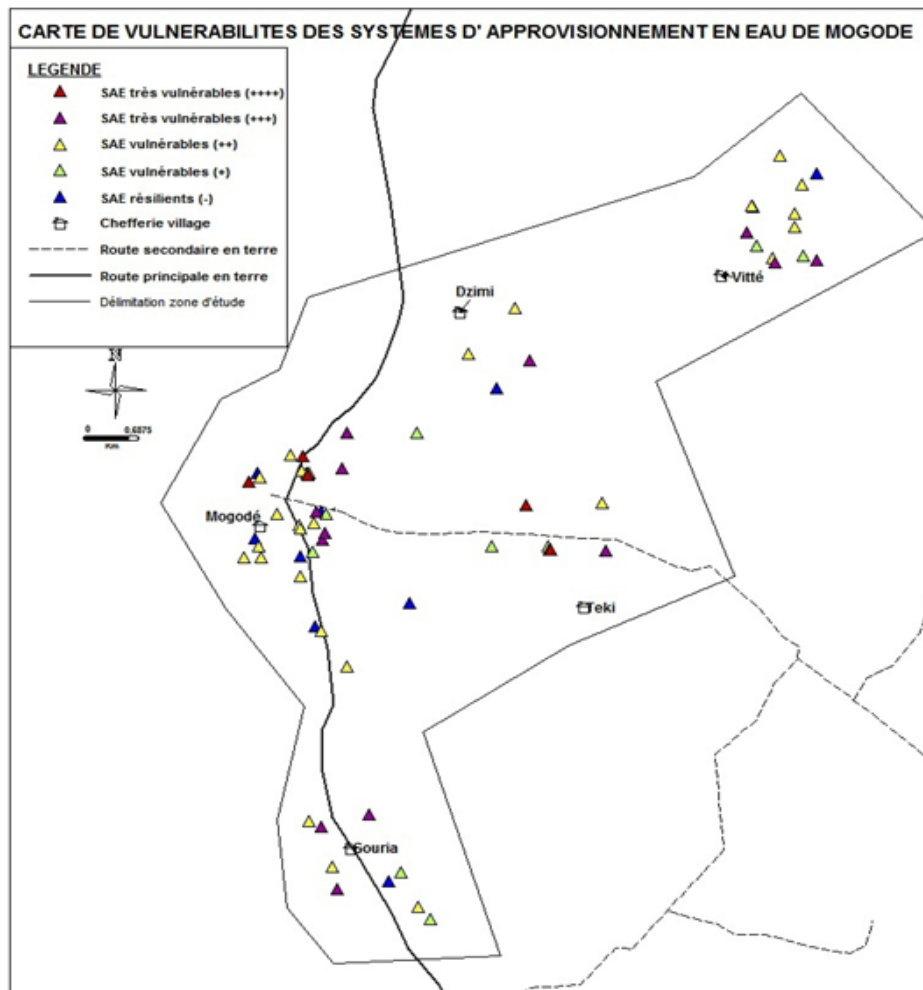


Figure 7: Cartographie des vulnérabilités des systèmes d'AEP aux risques climatiques à Mogodé

On distingue trois niveaux de vulnérabilité : les systèmes qualifiés de résilients s'ils présentent une vulnérabilité supposé très faible ; ils sont vulnérables de degré inférieur (+) ou de degré supérieur (++) si la vulnérabilité est obtenu par un seul facteur à risque ; ils peuvent être très vulnérables de degré inférieur (++) ou de degré supérieur (++) s'il s'agit d'au moins deux facteurs à risque. Chaque niveau de vulnérabilité est obtenu par la combinaison des facteurs de sensibilité de base (aléas climatiques) et des aggravateurs de sensibilité (état du système). En outre tous les SAEP ont été considérés comme critiques de par le rôle qu'ils jouent dans la sécurité en eau des villages.

La Figure 8 associe aux vulnérabilités décrites en Figure 7 les types de systèmes d'eau potable.

La quasi-totalité des systèmes soient 84 % sont vulnérables à la sécheresse et/ou à l'inondation. La sensibilité des puits est aggravée par l'absence de protection autour de l'ouvrage ; en effet, moins de 20 % de puits recensés disposent d'une barrière de protection viable. De plus, pour ceux qui en disposent, cette infrastructure est en matériaux fragiles (terre) peu résistants. Les sources sont exposées aux inondations en saison des pluies, elles ne disposent pas de protection. Puits et sources sont très sensibles aux sécheresses du fait de l'extrême variabilité de la nappe superficielle

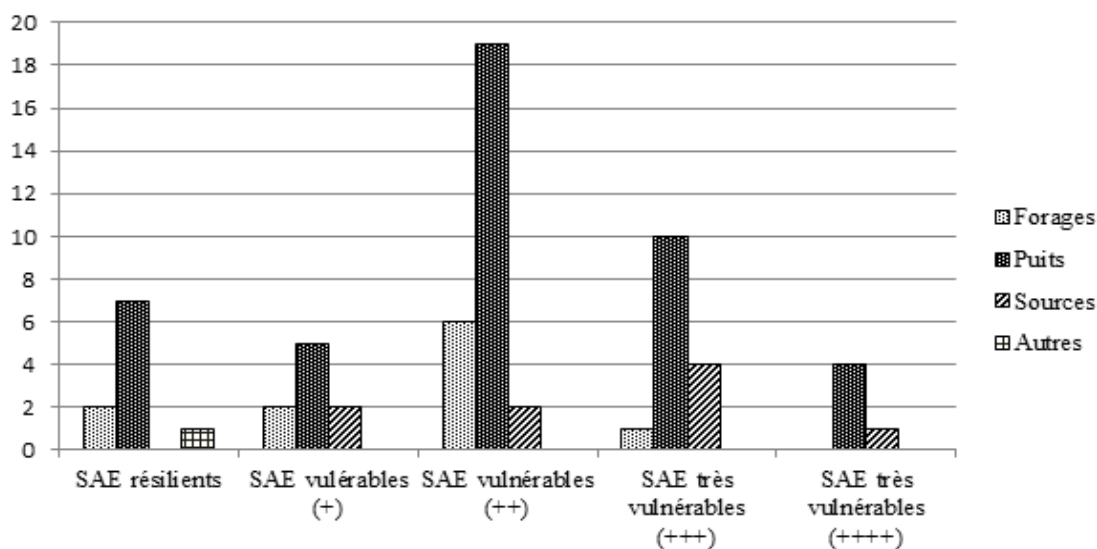


Figure 8 : Appréciation des vulnérabilités des SAEP à Mogodé en fonction de la typologie

(nappe phréatique) qu'ils exploitent. Il faut reconnaître aussi la qualité provisoire de ces ouvrages construits principalement par les riverains. La résilience significative des forages est liée outre à une infrastructure résistante en matériaux d'acier, à la présence d'une barrière de protection construit en béton et à l'exploitation d'une ressource en eau moins fluctuante.

Les puits comme les sources sont très représentés dans la partie septentrionale du Cameroun, précisément en zone rurale à raison de faible revenu de ses habitants. Ces ouvrages exploitent une ressource en eau très variable, de même que leurs infrastructures ne résisteraient pas aux catastrophes naturelles. Ils seront très vulnérables aux impacts futurs des changements climatiques (WHO et DFID, 2009). Du même auteur et de connivence avec cette étude, les forages sont des infrastructures recommandables en matière d'adaptation climatique. On les classe parmi les technologies résilientes. Toutefois, leur utilisation demande de prendre en compte d'autres enjeux tels le financement pour leur construction, le renforcement de capacités locales dans l'opération et la maintenance, et, une meilleure approche de gestion du système. La zone rurale à l'Extrême Nord Cameroun est très exposée aux aléas climatiques principalement à cause de la forte

variabilité de la ressource en eau de nappe dont dépend la majeure partie de sa population. La sécurisation de cette ressource nécessite une approche globale de gestion de l'eau au niveau du bassin versant. La construction de barrages collinaires tels que celui de Mogodé pourrait jouer un rôle significatif dans le ralentissement de l'écoulement de sous-surface. Ce qui permettrait d'étaler la disponibilité de la ressource de nappe phréatique sur l'année.

Impact projeté du changement climatique sur la sécurité en eau et mesures d'adaptation

GIEC (2012) a conclu que les événements climatiques extrêmes augmenteront probablement avec le changement climatique. A titre illustratif,

- Les températures plus élevées sur l'Afrique entraîneront des taux d'évaporation élevés sur des terres à découverts menant à des conditions de sols secs ;
- Les extrêmes climatiques fluctuantes entraîneront des tornades plus fréquentes et intenses et des vagues de chaleur ;
- Il est probable que la fréquence des fortes précipitations ou la proportion du total des précipitations de fortes pluies va augmenter

au XXI^e siècle sur de nombreuses régions du globe, surtout dans les hautes latitudes et les régions tropicales. ;

- Il y a un degré de confiance moyen que l'augmentation des fortes pluies se produisent dans certaines régions malgré une diminution prévue des précipitations dans ces régions ;
- Sur la base d'un éventail de scénarios d'émission (B1, A1B, A2), il est probable que la moyenne annuelle des précipitations journalières maximales obtenues en 20 ans se produise une fois sur 5ans ou 15ans dans la plupart des régions d'ici la fin du XXI^e siècle ;
- Les recherches indiquent une presque certaine augmentation de la fréquence des vagues de chaleur. Basée sur les scénarios d'émissions A1B et A2, la journée la plus chaude obtenue une fois en 20ans est susceptible de devenir un événement probable en deux (02) ans d'ici la fin du XXI^e siècle dans la plupart des régions.

Les dernières prévisions du GIEC (2013) indiquent aussi que les évènements de précipitations extrêmes sur les masses de terre aux latitudes moyennes et dans les régions tropicales humides seront probablement plus intenses et plus fréquentes d'ici la fin du siècle avec une augmentation de la moyenne des températures à la surface du globe.

Sur la base des prévisions du changement climatique projeté, les évènements climatiques extrêmes seront probablement plus intenses. Cette situation suggère que les sécheresses et des inondations augmenteront probablement en intensité et en fréquence. Ceci entraînera alors une vulnérabilité accrue des systèmes d'eau potable ainsi qu'une insécurité accrue de l'eau. Il est de ce fait important d'investir dans l'infrastructure d'approvisionnement en eau

résilient au climat à l'instar des forages dans le court terme. A plus long terme, les techniques qui conservent l'eau du sol et favorisent l'infiltration doivent être promues d'une manière intégrée à l'échelle des bassins versants (WHO et DFID, 2009).

CONCLUSION

Les évènements climatiques extrêmes sont manifestes à Mogodé dans l'extrême Nord du Cameroun si l'on s'en tient à l'appréciation des usagers de l'eau. Leurs impacts sont directement référés à l'intensification des inondations et des sécheresses qui constituent des risques climatiques et menacent les SAEP et les populations. Les dispositifs d'AEP, constitués en majorité par des puits et des sources, sont très vulnérables à ces risques climatiques. Par contre, les forages, plus résilients, sont coûteux et requièrent une compétence le plus souvent manquante en zone rurale. Ces facteurs à risque climatique augmenteront probablement avec le changement climatique si l'on s'en tient aux prévisions. Ainsi, il faudrait investir dans les technologies d'approvisionnement en eau résilientes au climat. A Mogodé, il est question plus spécifiquement de :

- Renforcer les systèmes déjà existants. La protection des puits par une barrière en matériaux locaux renforcés par exemple ;
- Promouvoir les systèmes de collecte et de conservation des eaux de pluies en vue de recharger les nappes pour les périodes de pénuries à l'instar du barrage renouvelé ;
- Planifier l'approvisionnement durable en eau potable à travers une gestion intégrée et adaptative de l'eau au niveau des unités topographiques.

Ce grand challenge de la sécurité de l'eau incombe précisément les municipalités à qui les gouvernements ont transféré les responsabilités par la décentralisation en cours au Cameroun.

BIBLIOGRAPHIE

- AMCOW, GWP (2012). Sécurité en eau et développement résilient au changement climatique : Investir dans la sécurité en eau pour la croissance et le développement. Cadre stratégique. Abuja-Nigéria : AMCOW, 52p.
- Batchelor, C., Smits, S., James, A.J. (2011). Adaptation de la fourniture des services d'AEPHA au changement climatique et autres risques et incertitudes. Cahier Thématique (TOP) 24, La Haye - Pays-Bas : IRC, 105p.
- BUCREP (Bureau Central des Recensements et des Études de Population) (2005). Répertoire actualisé des villages du Cameroun : Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat du Cameroun, Volume IV-Tome 07, Yaoundé -Cameroun : BUCREP, 217p.
- Cabot, C. (2007). Climate change and water resources. London-UK: WaterAid, 27p.
- Dickson, D. (2010). Sécurité de l'eau et changements climatiques: comment la science peut-elle aider? Options et Analyses, numéro spécial : SciDev. Net., 3p. <http://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/securite-alimentaire/editoriaux/s-curit-de-l-eau-et-changements-climatiques-comment-la-science-peut-aider-.html>.
- Dowing, T., Ziervogel, G. (2004). Choosing and adapting tools for vulnerability and adaptation assessment training. Oxford -UK: ENDA, 11p.
- GIEC (2007). Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ; résumé à l'intention des décideurs. Genève – Suisse : Organisation Météorologique Mondiale, 22p. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-spm-fr.pdf>.
- GIEC (2012). Gestion des risques de catastrophes et de phénomènes extrêmes pour les besoins de l'adaptation au changement climatique. Un rapport spécial du Groupe de travail I et II du Groupe d'expert Intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge, UK : Presse Universitaire de Cambridge, 32 pp.
- GIEC (2013). Changements climatiques : Les éléments scientifiques ? Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de Travail I au 5e Rapport d'Evaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge, UK : Presse Universitaire de Cambridge, 34p.
- MIDIMA (Mission de Développement Intégré des Monts Mandara) (2009). Bilan diagnostic 2008-2009, en vue de l'actualisation du schéma directeur régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SDRADDT) de la Région de l'Extrême Nord réalisé en 2001. Maroua – Cameroun : MINEPAT-DAT, 238p.
- MIDIMA (Mission de Développement Intégré des Monts Mandara) (2012). Rapport sur les infrastructures socio-économiques dans les secteurs prioritaires pour la région de l'Extrême Nord. Maroua-Cameroun : MINEPAT-DAT, 125p.
- Mileham, L. (2010). Sécurité de l'eau et changements climatiques: Faits et chiffres. Le Réseau Sciences et Développement, numéro spécial : SciDev. Net., 14p. <http://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/politiques-publiques/article-de-fond/s-curit-de-l-eau-et-changements-climatiques-faits-et-chiffres.html>.
- MINEE, GWP. (2009). État des lieux du secteur de l'eau au Cameroun : Connaissances et Usages

des Ressources en Eau (Tome1). Yaoundé-Cameroun : GWP, 215p.

MINEE-DREN (Ministère de l'eau et de l'Énergie / Direction Régionale de l'Extrême Nord) (2012). Rapport du comité de suivi de l'accès à l'eau et à l'assainissement. Maroua-Cameroun : MINEE-DREN, 49p.

MINEPAT-DREN (Ministère de l'Économie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire - Direction Régionale de l'extrême Nord) (2010). Rapport socio-économique de la Région de l'Extrême Nord du Cameroun. Maroua-Cameroun: MINEPAT, 100p.

Moriarty, P.B., Batchelor, C.H., Laban, P., Fahmy, H. (2007). THE EMPOWERS Approach to Water Governance: Background and Keys Concepts. Euro-Med Participatory Water Resources Scenario. URL: www.project.empowers.info/page/333

Ndongo, D., Same, K.S., Tchiadex, G., Tiibam, K.M., Garba, E., Nia, P., Kum, A.J., Ngendahayo, R., Essome, K.G., Ndema, N.E., Ngo, M.V., Tsoloto, A. (2012). Évaluation des risques, de la vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques au Cameroun. Yaoundé-Cameroun : MINEPDED, 248p.

Olivry, F. (2012). Exploration d'une méthode d'évaluation de la vulnérabilité des systèmes essentiels d'une région face aux extrêmes météorologiques dans un contexte de changements climatiques. Mémoire de Maîtrise ès Science Appliquées en Génie industriel. Université de Montréal (EPM), Montréal-Canada : EPM, 144p. URL: www.polymtl.ca/crp/doc/OLIVRY-Memoire-Finale.pdf

Raunet, M. (2003). Quelques clés morpho-pédologiques pour le Nord Cameroun à l'usage des agronomes. Projet ESA/SCV, Maroua-Cameroun, CIRAD, <http://agroecologie.cirad.fr>, 21p.

Robert, A.B., James, P.B., Egener, M. (2010). S'adapter aux changements climatiques : Guide fondé sur la gestion des risques à l'intention des gouvernements locaux. Summit Enterprises International, Ressources Naturelles du Canada, Canada, 40p,

WHO, DFID (2009). Vision 2030: The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change, summary and policy implications. Geneva: WHO, 41p.

Received: 14/06/15

Accepted: 07/09/15